

VŠB – Technická univerzita Ostrava  
Fakulta strojní  
Katedra částí a mechanismů strojů

Dílenská koloběžka

Workshop Scooter

Student:

Michal Válek

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Šárka Hurníková, Ph.D.

Ostrava 2016

## Zadání bakalářské práce

Student:	<b>Michal Válek</b>
Studijní program:	B2341 Strojírenství
Studijní obor:	2302R010 Konstrukce strojů a zařízení
Specializace:	40 Konstrukce strojních dílů a skupin
Téma:	Dílenská koloběžka Workshop Scooter
Jazyk vypracování:	čeština

### Zásady pro vypracování:

Navrhněte dílenskou koloběžku s nákladní plošinou pro snadnou a rychlou dopravu. Koloběžku navrhněte s nožní brzdou a řídit se bude předními koly.

Parametry koloběžky:

- Nosnost mimo obsluhy 50 kg
- Rozměry plošiny: 690 x 585 mm
- doporučená cena 10 000,-Kč

Výkresová dokumentace bude obsahovat sestavu koloběžky a podsestavu navrženého rámu koloběžky.

### Seznam doporučené odborné literatury:

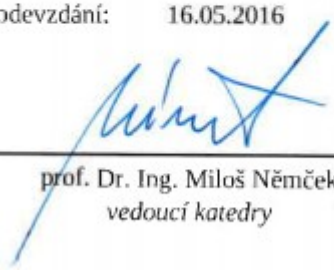
1. BOLEK, A.; KOCHMAN, J.: Části strojů 1. Praha: SNTL, 1990. 775s. ISBN 80-03-00046-7.
2. BOLEK, A.; KOCHMAN, J.: Části strojů 2. Praha: SNTL, 1990. 707s. ISBN 80-03-00046-8.
3. DEJL, Zdeněk. Konstrukce strojů a zařízení I: Spojovací části strojů. Návrh, výpočet, konstrukce. 1. vydání. Ostrava: Montanex a.s., 2000. 225 s. ISBN 80-7225-018-3.
4. DRASTÍK, František a kol. Strojnické tabulky pro konstrukci i dílnu. 2. dopl. vyd. Ostrava: Montanex a.s., 1999. 722 s. ISBN 80-85780-95-X.
5. KŘÍŽ, R., VÁVRA, P. Strojírenská příručka. 1. vyd. Praha: 1993-1998. 8 svazků.
6. NĚMČEK, M.: Řešené příklady z částí a mechanismů strojů, spoje. Druhé vydání Skripto VŠB-TU Ostrava, 2008, ISBN 978-80-248-1782-8, 111 s.
7. KALÁB, K.: Části a mechanismy strojů-teorie+projekty, www-stránky kat. 347, 2015.
8. Fotodokumentace (elektronická).
9. Firemní katalogy, prospekty, normy a www-stránky s danou problematikou.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Šárka Hurníková, Ph.D.**


Datum zadání: 11.12.2015

Datum odevzdání: 16.05.2016



---

prof. Dr. Ing. Miloš Němček  
vedoucí katedry



---

doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.  
děkan fakulty



Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě .....12. 5. 2016.....

..........

podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- беру на ве́домі́, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněná v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на ве́домі́, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě ..... 12. 5. 2016



.....  
podpis

Jméno a příjmení autora práce:

Michal Válek

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Na Orátě 426, 783 61 Hlubočky

Děkuji mé vedoucí práce paní Ing. Šárce Hurníkové, Ph.D. a panu prof. Dr. Ing. Miloši Němčekovi za věcné připomínky a cenné rady poskytnuté při zpracování mé bakalářské práce.

## **Anotace bakalářské práce**

VÁLEK, M. *Dílenská koloběžka: bakalářská práce*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra částí a mechanismů strojů – 347, 2016, 44 s. Vedoucí práce: Ing. Šárka Hurníková, Ph.D.

Bakalářská práce se zabývá problémem návrhu dílenské koloběžky. Úvodní část je věnována různým typům koloběžek a jejich využití. Další část práce popisuje návrh a konstrukci dílenské koloběžky. Dílenská koloběžka se řídí dvěma předními koly. Přední část koloběžky obsahuje nákladní plošinu. Nákladní plošina obsahuje zábradlí proti vypadnutí materiálu. V zadní části koloběžky je namontována nožní brzda. Na závěr je zpracován v tabulce přehled vybraných komponentů a jejich cenová nabídka. Výsledkem práce je konstrukční návrh dílenské koloběžky pro snadnou a rychlou dopravu doplněn o výkres sestavy dílenské koloběžky a výkres podsestavy rámu.

## **Annotation of Bachelor thesis**

VÁLEK, M. *Workshop scooter: Bachelor Thesis*. Ostrava: VŠB – Technical university of Ostrava, Faculty of mechanical engineering, Department of Machine Parts and Mechanisms – 347, 2016, 44 p. Thesis head: Ing. Šárka Hurníková, Ph.D.

The Bachelor Thesis deals with the problem of design of workshop scooter. The introduction is decided to different types of scooters and their utilization. The next part of work describes a proposal and design of the workshop scooter. The workshop scooter is driven by two front wheels. The freight platform is located in the front part of the workshop scooter. The freight platform contains railing to prevent falling out the material. The back part of the workshop scooter is mounted a treadle break. At the conclusion is processed a table of chosen materials and their prices. The result of this work is a structural design of a workshop scooter for quick and easy transport complemented by an assembly draw of workshop scooter and a draw of frame.

# Obsah

Seznam použitých značek a symbolů.....	10
1 Úvod.....	13
1.1 Cíle Bakalářské práce .....	13
2 Koloběžky .....	14
2.1 Dětské koloběžky.....	14
2.2 Koloběžky pro dospělé .....	15
2.2.1 Silniční koloběžka .....	15
2.2.2 Skládací koloběžky.....	16
2.2.3 Freestyle koloběžky.....	17
2.2.4 Speciální typ - elektrokoloběžka .....	17
3 Návrh dílenské koloběžky.....	19
3.1 Sestava rámu .....	20
3.1.1 Výpočet svaru rámové konstrukce .....	20
3.2 Řídítka.....	23
3.3 Nášlapná brzda.....	24
3.4 Ochranné zábradlí .....	25
3.5 Nákladní plošina .....	25
3.5.1 Výpočet čepu na konzole.....	26
3.6 Podvozek.....	29
4 Výpočet a návrh ložisek .....	35
4.1 Výpočet sil .....	35
4.2 Výpočet reakcí .....	36
4.3 Návrh a výpočet ložisek.....	37
4.3.1 Výpočet ložiska na předním kole .....	38
4.3.2 Výpočet ložiska na zadním kole.....	38



5	Cena dílenské koloběžky.....	40
6	Závěr .....	41
7	Seznam literatury a dalších zdrojů .....	42
	Seznam příloh.....	44

## Seznam použitých značek a symbolů

Značka:	Popis:	Jednotka:
a	Velikost koutového svaru	[mm]
a	Délka mezery konzole	[mm]
b	Tloušťka nášlapné desky	[mm]
b	Šířka nosné části konzole	[mm]
b	Výška táhla	[mm]
d	Průměr čepu	[mm]
d	Vnitřní průměr ložiska	[mm]
d'	Předběžný průměr čepu	[mm]
g	Gravitační zrychlení	[m · s <sup>-2</sup> ]
h	Šířka táhla	[mm]
k	Převodní součinitel	[-]
k	Bezpečnost prutu	[-]
ks	Statická bezpečnost	[-]
l	Nosná délka svaru	[mm]
m	Nosnost nákladní plošiny	[kg]
m <sub>č</sub>	Hmotnost člověka	[kg]
m <sub>K</sub>	Hmotnost dílenské koloběžky	[kg]
m <sub>p</sub>	Hmotnost nákladní plošiny	[kg]
m <sub>R</sub>	Hmotnost rámu	[kg]
n	Typ uložení prutu	[-]
n <sub>K</sub>	Otáčky kola	[min <sup>-1</sup> ]
p	Exponent ložiska	[-]
p <sub>1</sub>	Měrný tlak na délce konzole	[MPa]
p <sub>2</sub>	Měrný tlak na šířce nosné části konzole	[MPa]
p <sub>D1</sub>	Dovolený tlak na délce konzole	[MPa]
p <sub>D2</sub>	Dovolený tlak na šířce nosné části konzole	[MPa]
v	Rychlost koloběžky	[m · s <sup>-1</sup> ]
B	Šířka ložiska	[mm]
C	Dynamická únosnost ložiska	[kN]
C <sub>0</sub>	Statická únosnost ložiska	[kN]
D	Průměr kola	[mm]
D	Vnější průměr ložiska	[mm]
E	Modul pružnosti oceli	[MPa]

<b>Značka:</b>	<b>Popis:</b>	<b>Jednotka:</b>
$F_1$	Síla působící v těžišti nákladní plošiny	[N]
$F_2$	Síla působící v těžišti dílenské koloběžky	[N]
$F_3$	Síla působící v těžišti rámu	[N]
$F_J$	Síla, kterou působí řidič	[N]
$F_{KRIT}$	Kritická síla	[N]
$F_P$	Síla působící na nášlapnou desku	[N]
$F_R$	Reakční síla	[N]
$J_{min}$	Poloměr setrvačnosti	[mm]
$J_y$	Kvadratický moment k ose y	[mm <sup>4</sup> ]
$J_z$	Kvadratický moment k ose z	[mm <sup>4</sup> ]
$L$	Šířka nášlapné desky	[mm]
$L$	Délka táhla	[mm]
$L_{10hP}$	Trvanlivost ložiska v provozních hodinách na předním kole	[hod.]
$L_{10hZ}$	Trvanlivost ložiska v provozních hodinách na zadním kole	[hod.]
$L_{10P}$	Základní trvanlivost ložiska na předním kole	[mil. ot.]
$L_{10Z}$	Základní trvanlivost ložiska na zadním kole	[mil. ot.]
$L_{RED}$	Redukovaná délka	[mm]
$M_{iA}$	Moment v bodě A	[Nmm]
$M_o$	Ohybový moment	[Nmm]
$M_o$	Ohybový moment	[Nmm]
$R$	Poloměr zaoblení	[mm]
$R_A$	Reakce v bodě A	[N]
$R_B$	Reakce v bodě B	[N]
$R_e$	Mez kluzu	[MPa]
$S$	Plocha táhla	[mm <sup>2</sup> ]
$S$	Plocha průřezu táhla	[mm <sup>2</sup> ]
$S_{SV}$	Nosný průřez svaru	[mm <sup>2</sup> ]
$W_o$	Modul průřezu	[mm <sup>3</sup> ]
$W_{oSVy}$	Modul průřezu nosného průřezu svaru	[mm <sup>3</sup> ]
$\beta$	Úhel na táhlu	[°]
$\lambda$	Štíhlost	[-]
$\lambda_M$	Mezní štíhlost v prutu	[-]
$\sigma_{DO}$	Dovolené napětí v ohybu	[MPa]
$\sigma_{DOV}$	Dovolené napětí	[MPa]
$\sigma_{Dt}$	Dovolené napětí	[MPa]

<b>Značka:</b>	<b>Popis:</b>	<b>Jednotka:</b>
$\sigma_{DT}$	Dovolené napětí pro táhlo	[MPa]
$\sigma_O$	Ohybové napětí	[MPa]
$\tau_{\perp}$	Kolmé napětí ve smyku	[MPa]
$\tau_{\perp DSV}$	Dovolené kolmé napětí ve smyku	[MPa]
$\tau_{//}$	Rovnoběžné napětí ve smyku	[MPa]
$\tau_{//DSV}$	Dovolené rovnoběžné napětí ve smyku	[MPa]
$\tau_D$	Dovolené napětí ve smyku	[MPa]
$\tau_D$	Dovolené smykové napětí	[MPa]
$\tau_{MAX}$	Maximální smykové napětí	[MPa]

# 1 Úvod

Cílem této bakalářské práce je návrh dílenské koloběžky. Tento dopravní prostředek musí zajistit snadnou a rychlou dopravu pro převoz různého druhu materiálu. V první části se zaměřím na různé druhy koloběžek a sestavím rešerši. Jako další vytvořím model a budu postupně popisovat jednotlivé komponenty. Rám bude celý svařovaný. Určím na něm kritická místa, která budou nejvíce namáhána a vypočítám svary.

## 1.1 Cíle Bakalářské práce

- Stručně popsat různé druhy koloběžek.
- Návrh rámu dílenské koloběžky s nákladní plošinou.
- Návrh nášlapné brzdy a řízení předními koly koloběžky.
- Vypracovat výkres sestavy a podsestavy rámu.

## 2 Koloběžky

V dnešní době se koloběžky stávají stále modernější, protože jde o relativně levný a zábavný druh dopravy do vzdálenosti 30 km. Je to rychlý dopravní prostředek, který se používá převážně ve městě, ale i mimo město.

Koloběžky je možné rozdělit do dvou kategorií. První kategorie jsou dětské koloběžky, které jsou omezené věkem dítěte. Druhá kategorie jsou koloběžky pro dospělé, které se dále dělí na silniční, skládací, freestyle a speciální koloběžky.

### 2.1 Dětské koloběžky

Dětské koloběžky se od ostatních typů liší celkovou velikostí a použitým materiálem celé konstrukce. Koloběžka může obsahovat buď jedno zadní kolečko, nebo dvě zadní kolečka, která slouží pro lepší stabilitu, aby se dítě naučilo lépe ovládat koloběžku. Kolečka jsou vyrobená z plastu, rám bývá hliníkový, nebo z plastu.

Na obrázku 2.1 je koloběžka pro dítě od 2 let. Nebývají zde ostré hrany, aby se dítě nezranilo a nášlapná deska je opatřena neklouzavým povrchem, pro co největší bezpečnost.



Obrázek 2.1 Dětská koloběžka od 2 let [6]

Na obrázku 2.2 je koloběžka pro děti od 6 let. Konstrukčně je koloběžka více stabilnější a díky nafukovacím pneumatikám je jízda i po nerovném povrchu pohodlnější. Brzda bývá zabudována jak na předním kole, tak i na zadním.



Obrázek 2.2 Dětská koloběžka od 6 let [7]

## **2.2 Koloběžky pro dospělé**

Základní rozdělení koloběžek pro dospělé se dělí na silniční, skládací, freestyle a speciální koloběžky. Každý typ má různý rozsah využití.

### **2.2.1 Silniční koloběžka**

Silniční koloběžka, která je na obrázku 2.3 je konstruována na jízdu po silnici, nebo polním terénu. Rám bývá ocelový a může být opatřen odpruženou vidlicí, která dělá jízdu komfortnější tím, že tlumí rázy od nerovností. Kola mají úzké pneumatiky, aby zajistily co nejnižší valivý odpor a tím dosáhly i vyšší rychlosti, proto je vhodné silniční koloběžky využívat na delší vzdálenosti. Jejich charakteristickým rysem bývá mnohem větší přední kolo, které se rovná horskému kolu, oproti zadnímu kolu.



Obrázek 2.3 Silniční koloběžka [8]

### 2.2.2 Skládací koloběžky

Na obrázku 2.4 je zobrazena skládací koloběžka, která je vybavena skládacím mechanismem, umožňující složit koloběžku pro její snadnou úschovu, nebo přepravu. Rám bývá vyroben z hliníku, aby nebyla koloběžka příliš těžká.



Obrázek 2.4 Skládací koloběžka [9]



### 2.2.3 Freestyle koloběžky

Na obrázku 2.5 je zobrazena freestyle koloběžka, která slouží k provádění různých triků v parcích, na rampách nebo na ulicích, proto je také velmi oblíbená u mladých lidí. Jejich charakteristickým rysem jsou mnohem menší plastová kolečka, než u ostatních koloběžek. Rám bývá odlehčený, aby se zajistila co nejmenší hmotnost, ale celková konstrukce a komponenty musí být pevné a musí vydržet nápor.



Obrázek 2.5 Freestyle koloběžka [10]

### 2.2.4 Speciální typ - elektrokoloběžka

Tento typ koloběžky je ve speciální kategorii, protože má v sobě zabudovaný elektropohon, proto se jí říká elektrokoloběžka. Tato koloběžka je vhodná jak do města, tak i do terénu. Má kotoučové brzdy, takže poskytuje kvalitnější brzdění, než u nášlapné brzdy a odpruženou vidlici, pro komfortnější jízdu. Dojezd bývá až 80 km v ideálních podmínkách, které se liší podle kvality baterie, trati a hmotnosti jezdce. Materiál rámu bývá vyroben z vysoce pevnostní hliníkové slitiny, která také zajišťuje nižší hmotnost.



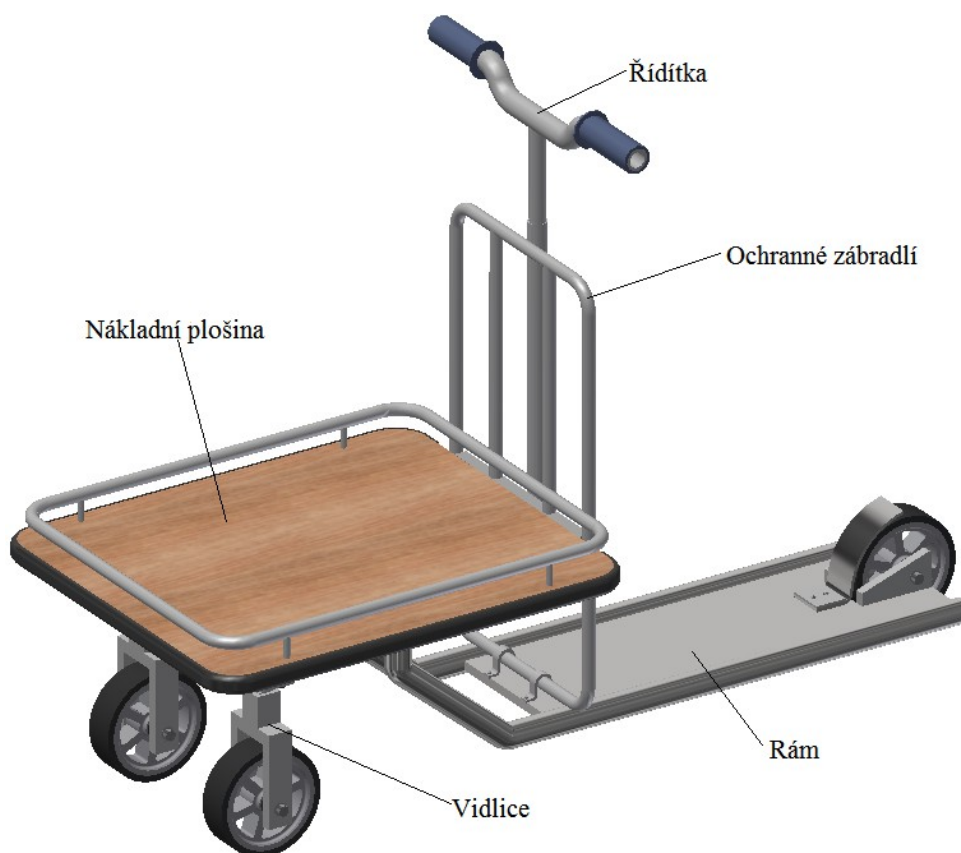
Obrázek 2.6 Elektroloběžka [11]

### 3 Návrh dílenské koloběžky

Mým úkolem bylo navrhnout dílenskou koloběžku s nákladní plošinou pro snadnou a rychlou dopravu. Koloběžka musí obsahovat nožní brzdu a řízení musí být předními koly. Na obr. 3.1 je znázorněna navržená dílenská koloběžka, která byla vymodelována v programu Inventor 2015. Konstrukce dílenské koloběžky se skládá z těchto hlavních částí:

- rám
- nákladní plošina
- řídítka
- podvozek

Tento dopravní prostředek slouží převážně k převozu různého druhu materiálu. Řídítka jsou vložena do vymezovací trubky, která je přivařená k ochrannému zábradlí. Pomocí otočného mechanismu, který je spojený k řídítkům a dvou táhel, které při otáčení řidítek umožňují pohyb předních kol do stran. Celá koloběžka se brzdí pomocí jedné nášlapné brzdy, která je namontována v zadní části rámu. V přední části je nákladní plošina, která slouží k nakládání materiálu.



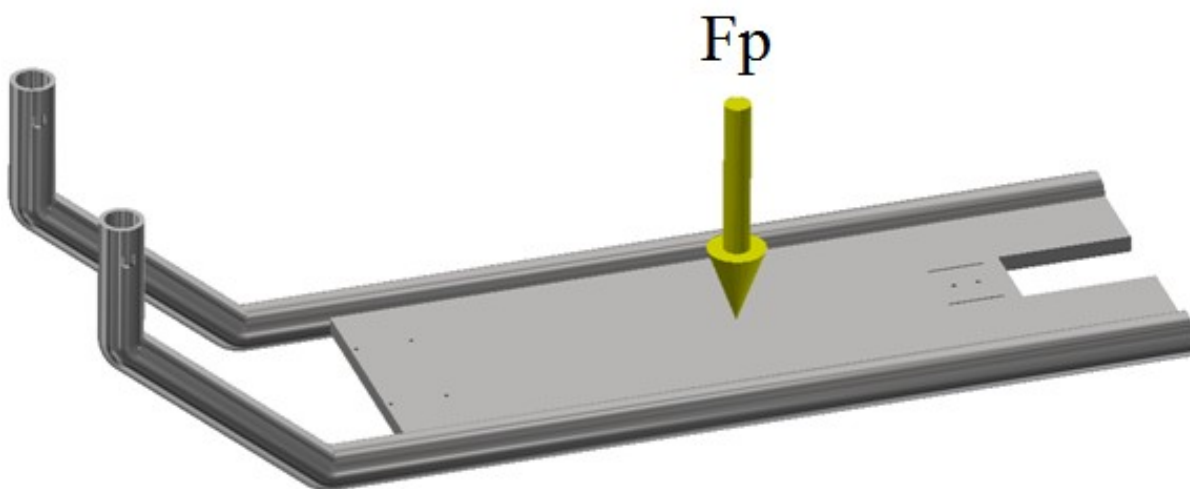
Obrázek 3.1 Dílenská koloběžka

### 3.1 Sestava rámu

Rám je pevný, neobsahuje tedy odpruženou vidlici a celá konstrukce je svařená. Rám je vyrobený z ocelových trubek, které jsou přivařeny na nášlapnou desku. Materiál trubky i nášlapné desky volím 11 523. Je to nelegovaná konstrukční ocel vhodná ke svařování [12].

#### 3.1.1 Výpočet svaru rámové konstrukce

Nejprve vypočítám sílu, která pro zjednodušení výpočtu bude působit uprostřed nášlapné desky podle obrázku 3.2. Pro velikost síly budu uvažovat dospělého člověka o hmotnosti 100 kg. Celková hmotnost koloběžky je 55 kg.



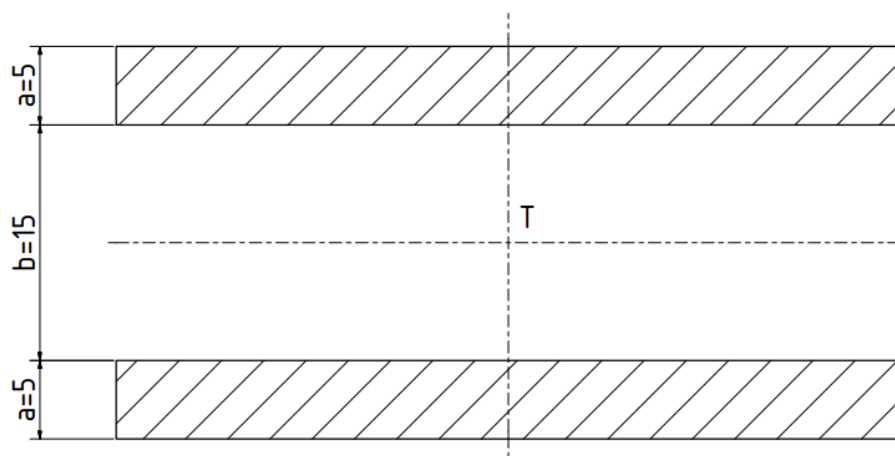
Obrázek 3.2 Schéma působení síly

Výpočet provedu podle vztahu (3.1), kde zahrnu hmotnost člověka, hmotnost koloběžky a gravitační zrychlení.

$$F_p = (m_c + m_k) \cdot g \quad (3.1)$$

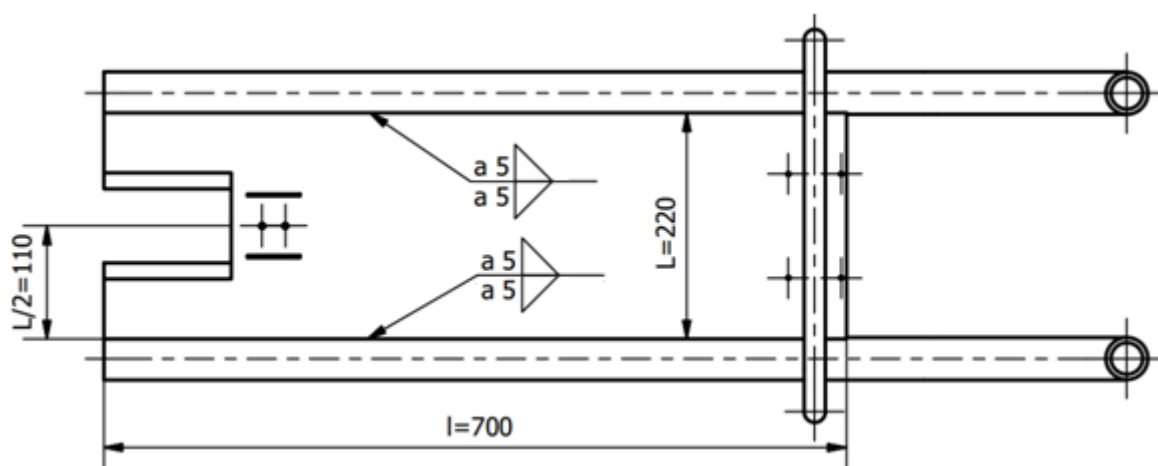
$$F_p = (100 + 55) \cdot 9,81 = 1521 \text{ N}$$

Trubky budou k nášlapné desce přivařeny koutovým svarem. Svary budou namáhány na střih a ohyb. Pro materiál 11 523 je mez kluzu  $R_e = 355 \text{ MPa}$  podle EN 10025 (S355J0) [13].



Obrázek 3.3 Sklopený nosný průřez svaru

Podle obrázku 3.3 je značení  $a$  velikost svaru a značení  $s$  tloušťka náslapné desky.



Obrázek 3.4 Schéma rámu pro výpočet svaru

Podle obrázku 3.4 značí  $l$  nosnou délku svaru. Délka  $L/2$  značí vzdálenost od působíště síly.

Tab. 3.1 – Převodní součinitele [3].

Druh svaru	Namáhání	Převodní součinitel $k$ (typ svařování)		
		Ručně	Odporově	Automatizovaně
Koutový - čelní - $k_3$	Smyk	0,75	0,9	1
Koutový - boční - $k_4$	Smyk	0,65	0,8	0,9

Podle tabulky 3.1 si volím druh svařování koutový čelní i boční. Typ svařování bude ruční a to elektrickým obloukem.

## Výpočet svaru na smyk

Základní vzorec pro výpočet svaru na smyk

$$\tau_{//} = \frac{F_P}{2 \cdot S_{SV}} = \frac{F_P}{2 \cdot a \cdot l} \leq \tau_{//DSV} \quad (3.2)$$

$$\tau_{//} = \frac{1521}{2 \cdot 5 \cdot 700} = 0,22 \text{ MPa}$$

Dovolené napětí

$$\sigma_{Dt} = \frac{R_e}{k_s} \quad (3.3)$$

$$\sigma_{Dt} = \frac{355}{2} = 177,5 \text{ MPa}$$

Výsledná statická bezpečnost

Převodní součinitel  $k_4$  je z tabulky 3.1

$$\tau_{//DSV} = k_4 \cdot \sigma_{Dt} \quad (3.4)$$

$$\tau_{//DSV} = 0,65 \cdot 177,5 = 115,38$$

$$\tau_{//} \leq \tau_{//DSV}$$

$$0,22 \leq 115,38$$

Svar na smyk VYHOVUJE

$$\tau_{\perp} = \frac{M_o}{W_{oSVy}} \leq \tau_{\perp DSV} \quad (3.5)$$

$$\tau_{\perp} = \frac{F \cdot \frac{L}{2}}{\frac{J_y}{\frac{s}{2} + a}} \quad (3.6)$$

$$\tau_{\perp} = \frac{53955 \cdot 110}{\frac{714583,33}{\frac{15}{2} + 5}} = 2,93 \text{ MPa}$$

Určení kvadratického momentu ze vzorce

$$J_y = 2 \cdot \left[ \frac{1}{12} \cdot a^3 \cdot l + a \cdot l \cdot \left( \frac{s+a}{2} \right)^2 \right] \quad (3.7)$$

$$J_y = 2 \cdot \left[ \frac{1}{12} \cdot 5^3 \cdot 700 + 5 \cdot 700 \cdot \left( \frac{15+5}{2} \right)^2 \right] = 714\,583,33 \text{ mm}^4$$

Dovolené napětí

$$\sigma_{Dt} = \frac{R_e}{k_s} \quad (3.8)$$

$$\sigma_{Dt} = \frac{355}{2} = 177,5 \text{ MPa}$$

Výsledná statická bezpečnost

Převodní součinitel  $k_3$  je z tabulky 3.1

$$\tau_{//DSv} = k_3 \cdot \sigma_{Dt} \quad (3.9)$$

$$\tau_{//DSv} = 0,75 \cdot 177,5 = 133,13$$

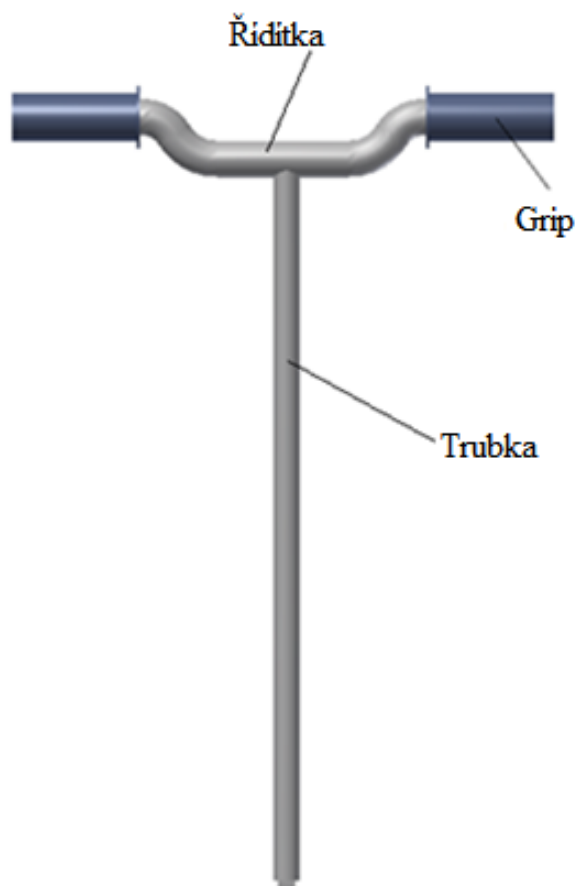
$$\tau_{\perp} \leq \tau_{//DSv}$$

$$2,93 \leq 133,13$$

Svar na ohyb VYHOVUJE

### 3.2 Řídítka

Celá konstrukce řídítek je vyrobena z tvrzené slitiny hliníku. Skládá se z jednoho kusu materiálu, abych zajistil pevnou konstrukci. Řídítka jsou nasazena na vymezovací trubku, která je přivařena na ochranné zábradlí. Výška řídítek je pevně stanovena a není volně nastavitelná. Na uchopovací části jsou nasazené gumové gripy s přírubou, pro lepší pohodlí při řízení. Na spodní části řídítek je obroben čtyřhran, na který je nasazen pomocný otočný mechanismus, který umožňuje při otáčení řídítkami otáčet koly.

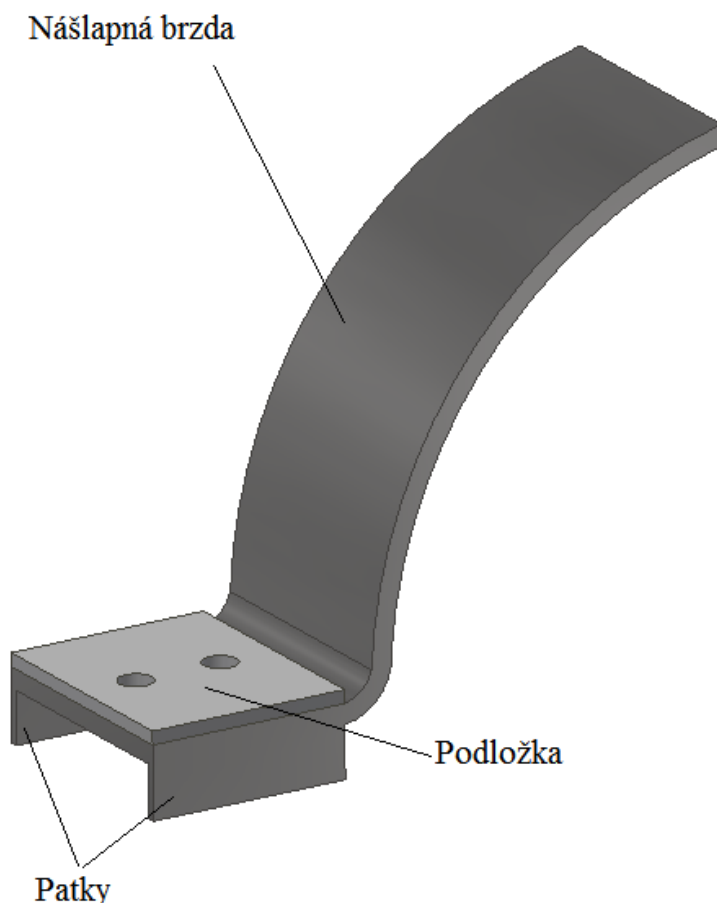


Obrázek 3.5 Řídítka

### 3.3 Nášlapná brzda

Na zadní části koloběžky je namontovaná nášlapná brzda. Je navržena tak, aby při sešlápnutí a následnému puštění brzdy se sama vrátila do původní polohy bez pomoci jiných prostředků, proto je vyrobena z pružinové oceli. Protože při brzdění dochází vlivem tření ke vzniku tepla, tak je tepelně zpracovaná a legovaná. Na ocelové konstrukci brzdy jsou dvě patky, které jsou zabudovány do rámu koloběžky. Pro lepší pojištění proti vypadnutí je na brzdě podložka a celá brzda je k sobě přišroubovaná k rámu.





Obrázek 3.6 Nášlapná brzda

### 3.4 Ochranné zábradlí

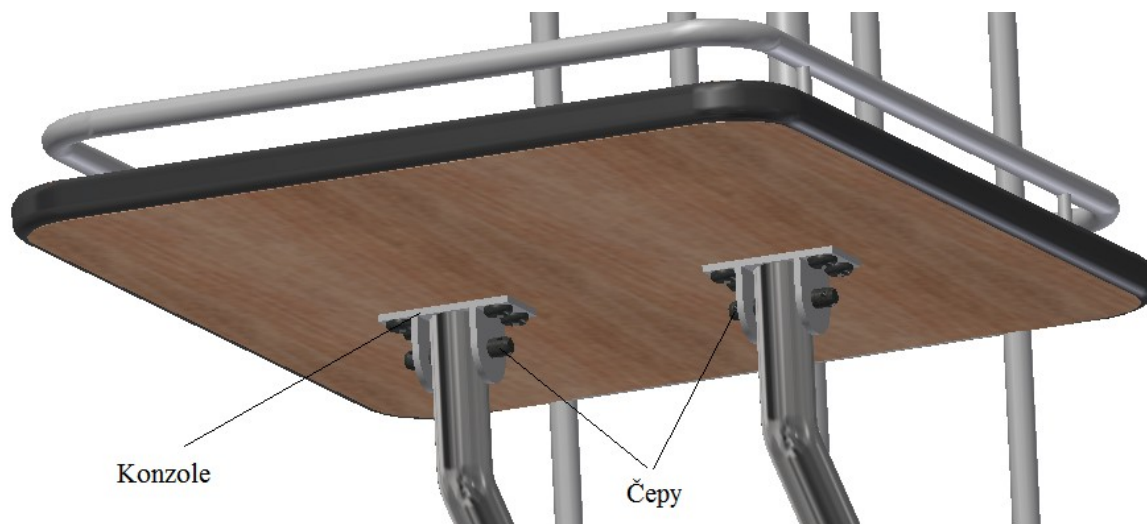
Tato konstrukce slouží jako ochrana řidiče, kdyby při prudkém brzdění, nebo rychlému rozjezdu mělo dojít k převrnutí rozměrnějšího materiálu. Spodek zábradlí je přivařený k rámu. Do zábradlí je přivařený L profil, na kterém jsou přivařené dvě tyče. Do L profilu jsou vyvrtány dvě díry a je spojen pomocí šroubů k nákladní plošině.

### 3.5 Nákladní plošina

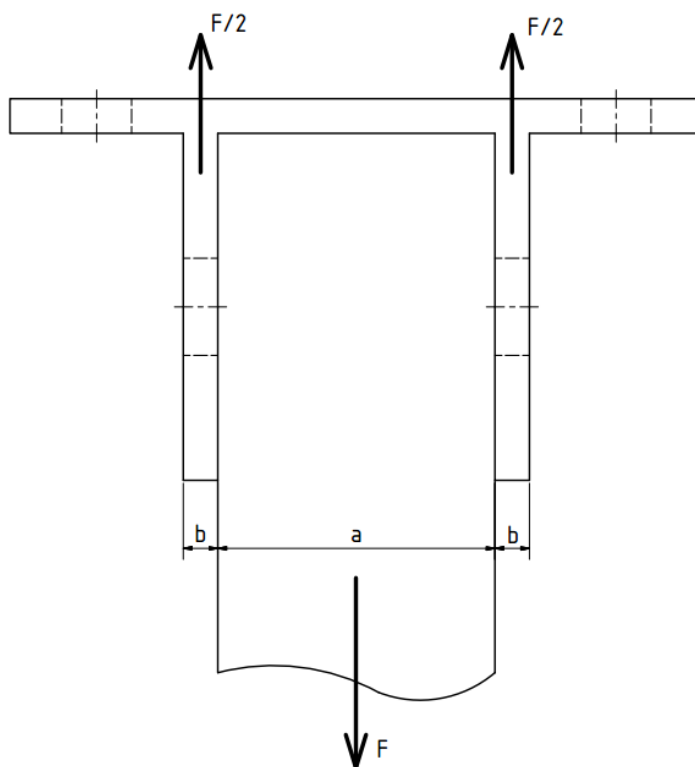
Už podle názvu slouží nákladní plošina k nakládání různého druhu materiálu. Je vyrobena ze dřeva. Maximální nosnost plošiny je 50 kg. Plošina je vybavena zábradlím, které zabraňuje k vypadnutí rozměrnějšího materiálu. Ve spod plošiny jsou nasazeny dvě konzole, které jsou k plošině spojeny pomocí šroubů. Na konzoli je nasazená trubka od rámu, která je spojena čepem proti vypadnutí.

### 3.5.1 Výpočet čepu na konzole

Čep je namáhán na ohyb a smyk dohromady. Na obou koncích čepu jsou vyvrtány dříky, do kterých jsou vloženy závlačky proti axiálnímu posunutí. Volím normalizovaný čep ISO 2340 B . Materiál čepu volím 11 600.



Obrázek 3.7 Spodek nákladní plošiny



Obrázek 3.8 Schéma konzole pro výpočet

Tab. 3.2 – Parametry materiálu čepu [2]

$\sigma_{DO}$ (MPa)	$\tau_D$ (MPa)	$p_{D1}$ (MPa)	$p_{D2}$ (MPa)
120	80	30	140

Navržené hodnoty konzole:

$$a = 40 \text{ mm}$$

$$b = 10 \text{ mm}$$

### Výpočet čepu na ohyb z předběžného návrhu průměru čepu

Základní podmínka pro ohyb

$$\sigma_o = \frac{M_o}{W_o} \leq \sigma_{DOV} \quad (3.10)$$

Ze základní podmínky ze vztahu (3.10) a obrázku 3.8 dosadím hodnoty do vztahu (3.11).

$$\sigma_o = \frac{\frac{F_p}{8} \cdot (2 \cdot b + a)}{\frac{\pi \cdot d'^3}{32}} \leq \sigma_{DOV} \quad (3.11)$$

Ze vztahu (3.11) si lehkou úpravou vyjádřím průměr čepu.

$$d' = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot F_p \cdot (2 \cdot b + a)}{\pi \cdot \sigma_{DOV}}} \quad (3.12)$$

$$d' = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot 1521 \cdot (2 \cdot 10 + 40)}{\pi \cdot 120}} = 9,89 \text{ mm}$$

Průměr čepu volím  $d = 14 \text{ mm}$

### Kontrola čepu na smyk

Základní podmínka pro smyk

$$\tau_{MAX} \leq \tau_D \quad (3.13)$$

Vypočet maximálního smykového napětí.

$$\tau_{MAX} = \frac{F}{2 \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4}} = \frac{2 \cdot F}{\pi \cdot d^2} \leq \tau_D \quad (3.14)$$

$$\tau_{MAX} = \frac{2 \cdot 1521}{\pi \cdot 14^2} = 4,94$$

Dovolené napětí ve smyku je z tabulky 3.2

$$\tau_{MAX} \leq \tau_D$$

$$4,94 \leq 80$$

Kontrola na smyk VYHOVUJE

### **Kontrola navrženého čepu**

Potřebná délka čepu se volí z kontrol měrných tlaků

$$p_1 = \frac{F_p}{a \cdot d} \leq p_{D1} \quad (3.15)$$

Jednoduchou úpravou ze vztahu (3.15) vypočítám délku mezery na konzoli.

$$a \geq \frac{F_p}{d \cdot p_{D1}} \quad (3.16)$$

$$a \geq \frac{1521}{14 \cdot 30} = 3,62 \text{ mm}$$

$$40 \geq 3,69$$

Navržená velikost VYHOVUJE

### **Měrné tlaky pro druhou stranu**

$$p_2 = \frac{\frac{F_p}{2}}{b \cdot d} \leq p_{D2} \quad (3.17)$$

Jednoduchou úpravou ze vztahu (3.17) vypočítám šířku nosné části na konzoli.

$$b \geq \frac{F_p}{2 \cdot d \cdot p_{D2}} \quad (3.18)$$

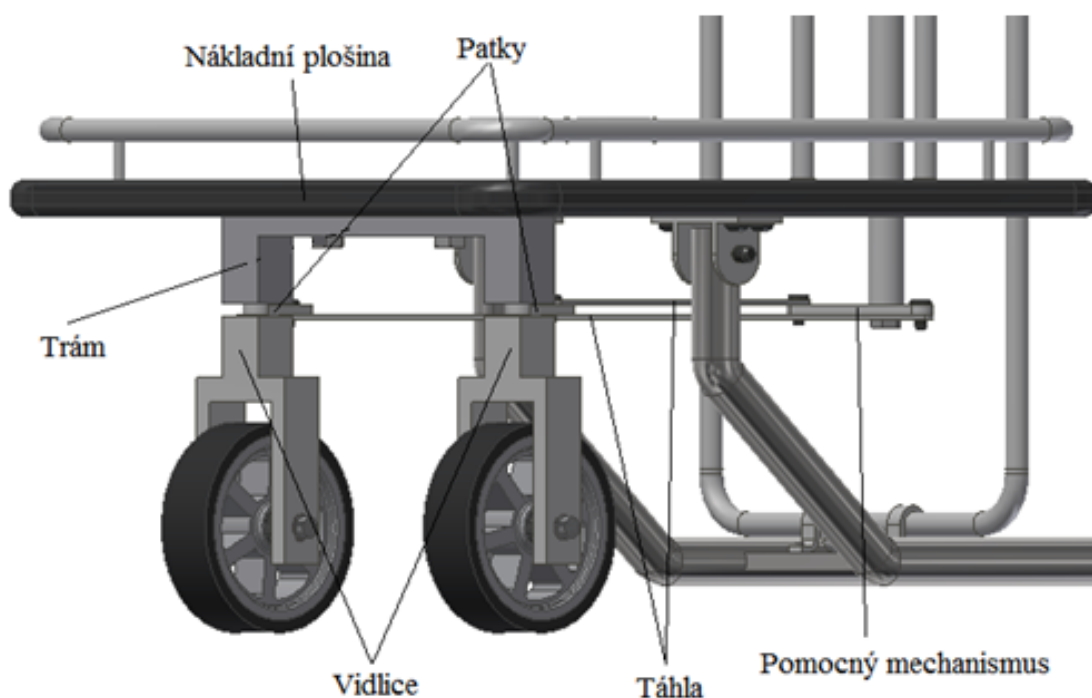
$$b \geq \frac{1521}{2 \cdot 14 \cdot 140} = 0,39 \text{ mm}$$

$$10 \geq 0,39$$

Navržená délka VYHOVUJE

### 3.6 Podvozek

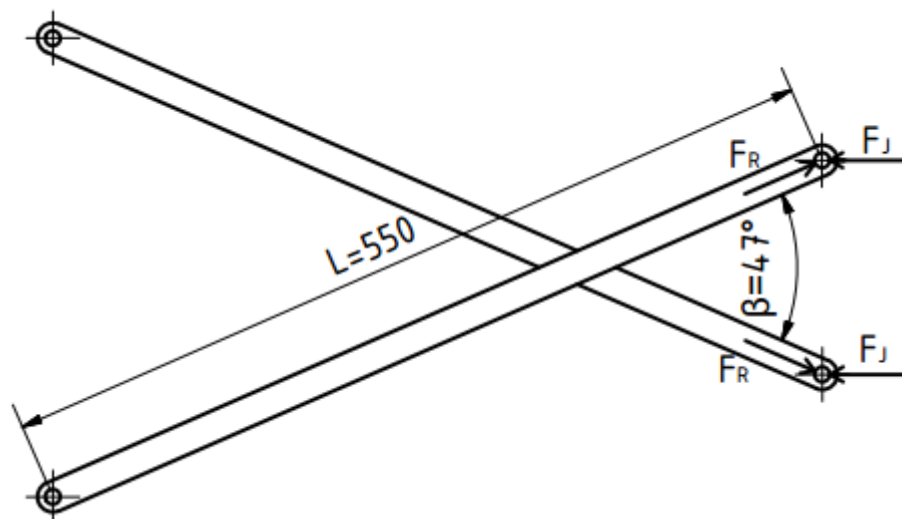
Podvozek koloběžky je umístěný pod nákladní plošinou a skládá se ze dvou táhel, které jsou spojeny pomocí čepu k patkám. Na spodní části patky je obrobený čtyřhran, který je vložený do vidlice a tím umožňuje otáčením kol. Čepy jsou pojištěny proti vypadnutí závlačkou. Dále se skládá z trámu, který je přišroubován na nákladní plošinu. Nakonec se podvozek skládá ze dvou kol.



Obrázek 3.9 Podvozek koloběžky

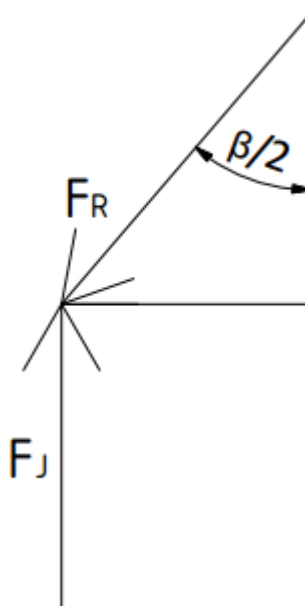
#### Táhla

Táhla budou namáhána na tlak a vzpěr. Podle obrázku 3.10 síla  $F_j$  představuje sílu, jakou bude řidič působit na řídítka, která se promítnou na táhla. Budu uvažovat, že řidič bude působit na řídítka maximálně 150 N. Pro táhla jsem zvolil materiál ocel 11 600.



Obrázek 3.10 Působení sil na táhlu.

Na obrázku 3.10 je znázornění dvou táhel a jejich působení sil, ze kterých budu vycházet při dalších výpočtech.



Obrázek 3.11 Působení sil v trojúhelníku

Pro lepší výpočet je znázorněno působení sil v pravoúhlém trojúhelníku podle schématu 3.11. S použitím goniometrických vzorců ze vztahu (3.19) se vyjádří neznámá reakční síla  $F_R$ , která je uvedena ve vztahu (3.20).

$$\cos \beta = \frac{F_J}{F_R} \quad (3.19)$$

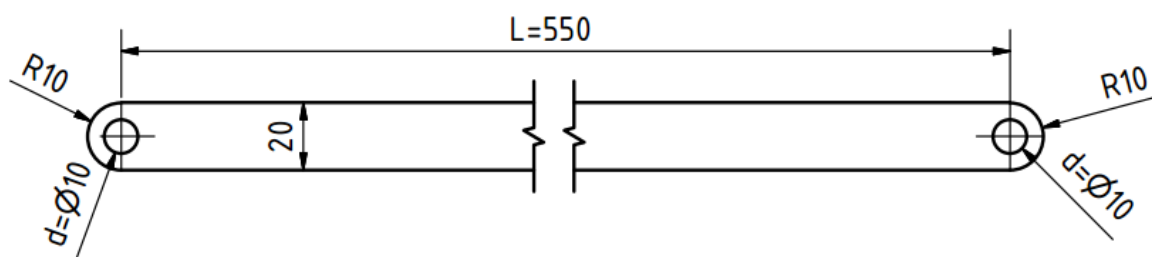
Jednoduchou úpravou jsem si vyjádřil neznámou reakční sílu  $F_R$ .

$$F_R = \frac{F_j}{\cos \frac{\beta}{2}} \quad (3.20)$$

$$F_R = \frac{150}{\cos \frac{47}{2}} = 164 \text{ N}$$

### Výpočet táhla na tah

Pro materiál 11 600 je dovolené napětí pro tah  $\sigma_{DT} = 150 \text{ MPa}$ [1]



Obrázek 3.12 Rozměry táhla

Základní podmínka pro výpočet na tah

$$\sigma = \frac{F_R}{S} \leq \sigma_{DT} \quad (3.21)$$

Výpočet plochy táhla

$$S = L + 2 \cdot R - 2 \cdot \left( \frac{\pi \cdot d^2}{4} \right) \quad (3.22)$$

$$S = 550 + 2 \cdot 10 - 2 \cdot \left( \frac{\pi \cdot 10^2}{4} \right)$$

$$S = 413 \text{ mm}^2$$

Ze základní podmínky ze vtahu (3.21) a vypočítané plochy (3.22) vypočítám výsledné napětí.

$$\sigma = \frac{F_R}{S} = \frac{164}{413} = 0,40 \text{ MPa}$$

Podmínka

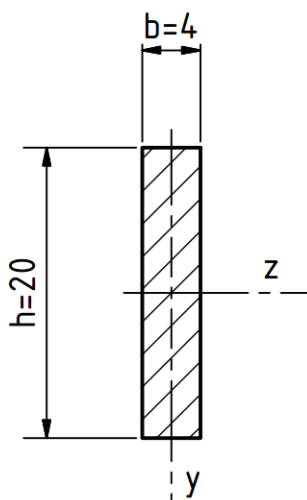
$$\sigma \leq \sigma_{DT}$$

$$0,40 \leq 150$$

Táhlo na tah VYHOVUJE

### Výpočet táhla na vzpěr

Na obrázku 3.13 je znázorněný kvadratický moment průřezu, se kterým se vypočítají momenty k ose  $y$  a  $z$  a následně jejich plocha průřezu.



Obrázek 3.13 Kvadratický moment průřezu

Kvadratický moment k ose  $y$

$$j_y = \frac{b \cdot h^3}{12} \quad (3.23)$$

$$j_y = \frac{4 \cdot 20^3}{12} = 2666,67 \text{ mm}^4$$

kvadratický moment k ose  $z$

$$j_z = \frac{b^3 \cdot h}{12} \quad (3.24)$$

$$j_z = \frac{4^3 \cdot 20}{12} = 106,67 \text{ mm}^4$$



Plocha průřezu:

$$S = b \cdot h$$

$$S = 4 \cdot 20 = 80 \text{ mm}^2$$

### Poloměr setrvačnosti

Pro dosazení kvadratického momentu  $I_{\min}$  do výpočtu volím minimální kvadratický průřez, tedy  $J_z$ .

$$j_{\min} = \sqrt{\frac{I_{\min}}{S}} = \sqrt{\frac{J_z}{S}}$$

$$j_{\min} = \sqrt{\frac{106,67}{80}} = 1,15 \text{ mm}$$

Štíhlostní poměr

$$\lambda = \frac{L}{j_{\min}} \quad (3.25)$$

$$\lambda = \frac{550}{1,15} = 476$$

Pokud štíhlostní podmínka bude  $\lambda > \lambda_M$ , vypočítá se kritická síla podle Eulera. Pokud bude podmínka  $\lambda < \lambda_M$ , výpočet se provede podle Tetmayera.

### Štíhlostní podmínka

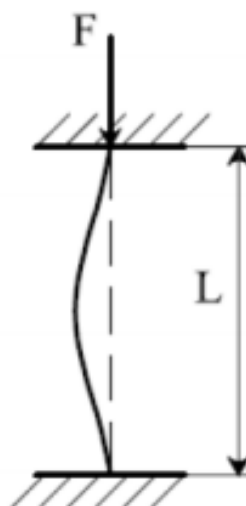
Mezní štíhlost prutu volím  $\lambda_M = 105$  dle [1]

$$\lambda > \lambda_M$$

$$476 > 105$$

Hodnota  $\lambda$  je tedy větší než  $\lambda_M$ , výpočet proto musím provést podle Eulera.

Nejprve musím vypočítat redukovanou délku podle vztahu (3.26) a následně kritickou sílu  $F_{\text{KRIT}}$  podle vztahu (3.27). Hodnota  $n=2$  pro uložení oba konce upnuté podle obrázku 3.14. Modul pružnosti oceli je  $E = 2,1 \cdot 10^5 \text{ MPa}$  [1]



Obrázek 3.14 Uložení konců [14]

Výpočet redukované délky

$$L_{RED} = \frac{L}{n} \quad (3.26)$$

$$L_{RED} = \frac{550}{2} = 275 \text{ mm}$$

Stanovení kritické síly

$$F_{KRIT} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_{min}}{L_{RED}^2} \quad (3.27)$$

$$F_{KRIT} = \frac{\pi^2 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \cdot 106,67}{275^2} = 2923,45 \text{ N}$$

**Výpočet bezpečnosti**

Statickou bezpečnost  $k_s$  volím 3

$$k = \frac{F_{KRIT}}{F_j} \geq 3$$

$$k = \frac{2923,45}{150} = 20$$

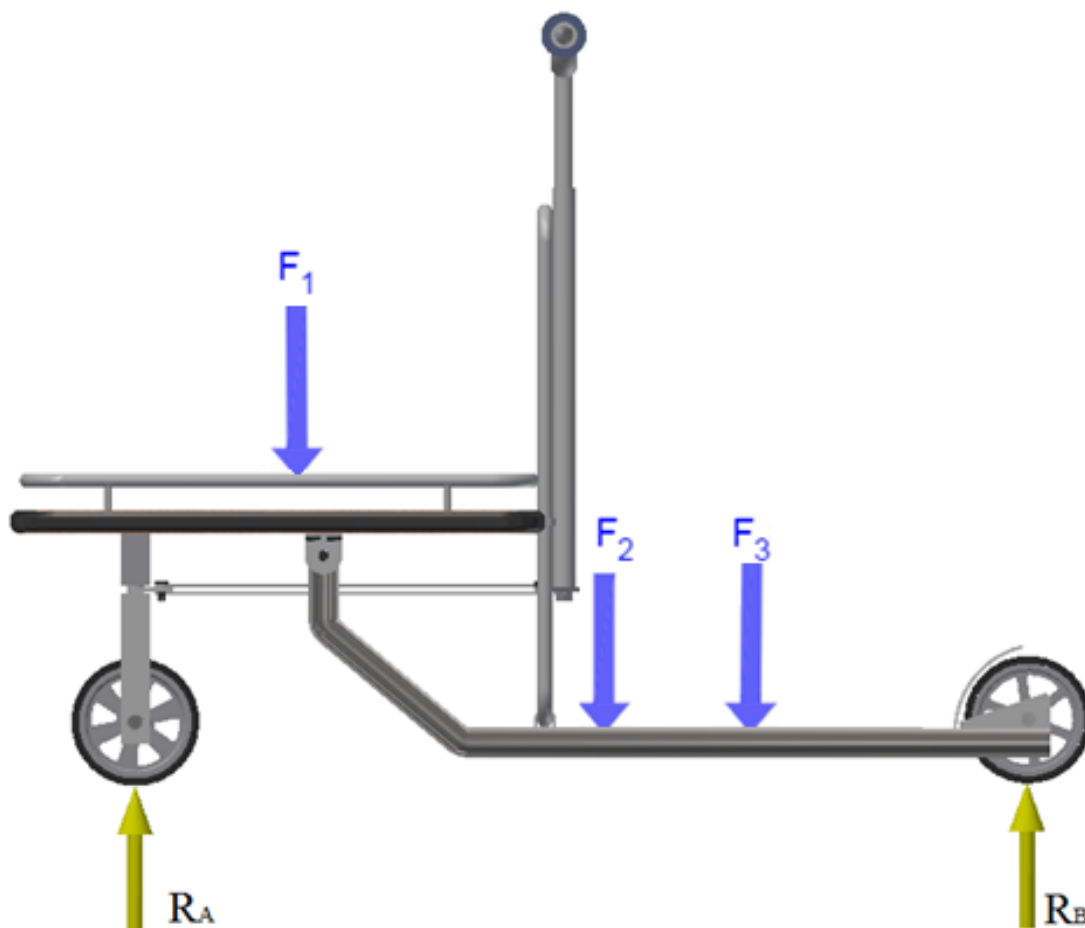
$$k \geq k_s$$

$$20 \geq 3$$

Bezpečnost podle Eulera VYHOVUJE

## 4 Výpočet a návrh ložisek

Pro výpočet ložisek se musí vypočítat reakce, které na jednotlivá ložiska působí. Budu vycházet z obrázku 4.1, kde je navržena dílenská koloběžka a na ní zobrazeny reakce, které působí na ložiska. Výpočet jednotlivých reakcí budu počítat ze tří různých sil, které působí na koloběžku. Pro určení velikostí všech tří sil si určím z těžiště pro nákladní plošinu, celkovou koloběžku a rámu.



Obrázek 4.1 Reakce působící na dílenskou koloběžku

### 4.1 Výpočet sil

Síla  $F_1$  působí v těžišti nákladní plošiny. Skládá se z hmotnosti plošiny, její nosnosti a gravitačnímu zrychlení.

$$F_1 = (m + m_p) \cdot g$$

$$F_1 = (50 + 10) \cdot 9,81 = 589 \text{ N}$$

Síla  $F_2$  působí v těžišti dílenské koloběžky. Skládá se z hmotnosti celé koloběžky a gravitačnímu zrychlení.

$$F_2 = m_K \cdot g$$

$$F_2 = 55 \cdot 9,81 = 540 \text{ N}$$

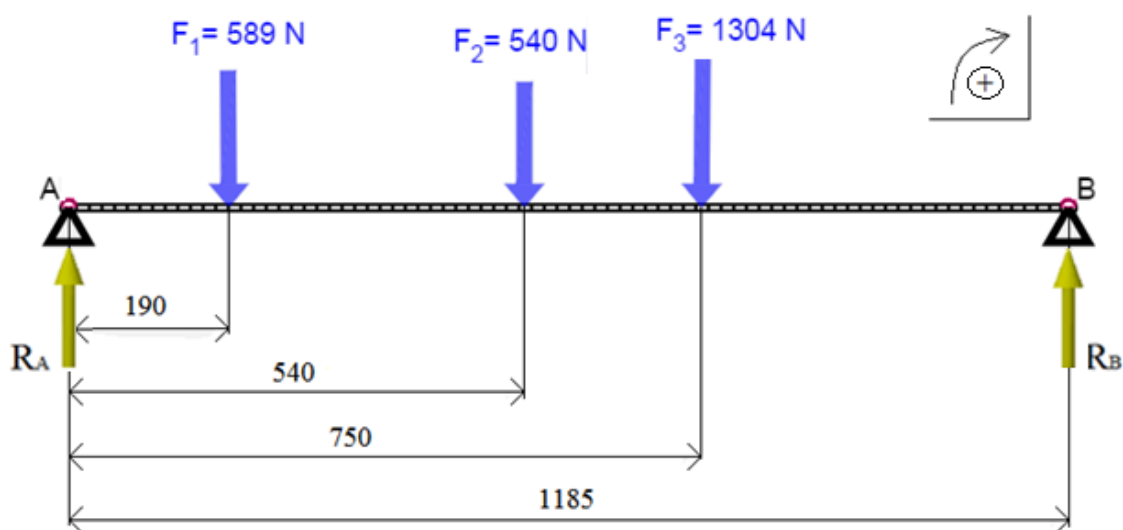
Síla  $F_3$  působí v těžišti rámu koloběžky. Skládá se z hmotnosti člověka, hmotnosti rámu a gravitačnímu zrychlení.

$$F_3 = (m_C + m_R) \cdot g$$

$$F_3 = (100 + 33) \cdot 9,81 = 1304 \text{ N}$$

#### 4.2 Výpočet reakcí

Celá koloběžka je převedena na nosník, který je zobrazený na obrázku 4.2, na kterém je také zobrazeno působení sil a její vzdálenosti od bodu A. Nosník je udělaný v programu Autodesk ForceEffect



Obrázek 4.2 Působení sil na koloběžku

**Součet všech sil v ose x**

$$\sum F_{ix} = 0$$

**Součet všech sil v ose y**

$$\sum F_{iy} = 0 \rightarrow R_A - F_1 - F_2 - F_3 + R_B \quad (4.1)$$

Jednoduchou úpravou ze vztahu (4.1) vypočítám reakci  $R_A$ .

$$R_A = F_1 + F_2 + F_3 - R_B \quad (4.2)$$

$$R_A = 589 + 540 + 1304 - 1166 = 1267 \text{ N}$$

### Momentová podmínka

$$M_{i(A)} = F_1 \cdot 190 + F_2 \cdot 540 + F_3 \cdot 750 - R_B \cdot 1185 \quad (4.3)$$

Pomocí momentové podmínky ze vztahu (4.3) si úpravou vyjádřím reakci  $R_B$ .

$$R_B = \frac{F_1 \cdot 190 + F_2 \cdot 540 + F_3 \cdot 750}{1185} \quad (4.4)$$

$$R_B = \frac{589 \cdot 190 + 540 \cdot 540 + 1304 \cdot 750}{1185} = 1166 \text{ N}$$

## 4.3 Návrh a výpočet ložisek

V kolech jsou vložena dvě ložiska od firmy SKF. Volím jednořadá kuličková ložiska s označením 16003. Parametry ložiska jsou zobrazeny v tabulce 4.1

Tab. 4.1 Parametry ložiska [5]

Označení	Dynamická únosnost C	Statická únosnost C <sub>0</sub>	Vnější průměr D	Vnitřní průměr d	Šířka ložiska B
	[kN]	[kN]	[mm]	[mm]	[mm]
16003	6,37	3,25	35	17	8

### Výpočet rychlosti otáček

Budu uvažovat, že se koloběžka bude pohybovat po hale maximální rychlostí  $v = 10 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ . Průměr kola  $D = 170 \text{ mm}$ . Do vztahu (4.5) se musí dosadit v metrech.

Převod rychlosti

$$v = \frac{10}{3600} \cdot 1000 = 2,78 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \quad (4.5)$$

Výpočet otáček

$$n_K = \frac{60 \cdot v}{\pi \cdot D} \quad (4.6)$$

$$n_K = \frac{60 \cdot 2,78}{\pi \cdot 0,17} = 312,32 \text{ min}^{-1}$$

#### 4.3.1 Výpočet ložiska na předním kole

Na přední část ložisek působí reakce  $R_A$ . Hodnotu reakce pro výpočet základní trvanlivosti ložiska vezmu ze vztahu (4.7), protože koloběžka obsahuje ve předu dvě kola, reakce se tedy rozloží na polovinu.

$$\frac{R_A}{2} = \frac{1267}{2} = 634 \text{ N} \quad (4.7)$$

**Výpočet základní trvanlivosti ložiska**

$$L_{10P} = \left( \frac{C}{R_A} \right)^p \quad (4.8)$$

$$L_{10P} = \left( \frac{6370}{634} \right)^3 = 1014 \text{ mil.ot}$$

**Výpočet trvanlivosti v provozních hodinách**

$$L_{10hP} = \frac{10^6}{60 \cdot n_K} \cdot L_{10} \quad (4.9)$$

$$L_{10hP} = \frac{10^6}{60 \cdot 312,32} \cdot 1014 = 54111 \text{ hod.}$$

#### 4.3.2 Výpočet ložiska na zadním kole

Na zadní část ložisek působí reakce  $R_B$ .

**Výpočet základní trvanlivosti**

$$L_{10Z} = \left( \frac{C}{R_B} \right)^p$$

$$L_{10Z} = \left( \frac{6370}{1166} \right)^3 = 163 \text{ mil.ot.}$$

### **Výpočet trvanlivosti v provozních hodinách**

$$L_{10hZ} = \frac{10^6}{60 \cdot n_K} \cdot L_{10}$$

$$L_{10hZ} = \frac{10^6}{60 \cdot 312,32} \cdot 163 = 8698 \text{ hod.}$$

## 5 Cena dílenské koloběžky

V tabulce 5.1 je přehled materiálních dílů, které jsou zabudovány v koloběžce, počet kusů a jejich celková cena.

Tab. 5.1 Přehled cen

Komponenty	Počet kusů	Celková cena (Kč)
Rám	1	6000
Řídítka	1	250
Kolo	3	1800
Brzda	1	300
Nákladní plošina	1	500
Vidlice	2	500
Ostatní	–	150

Rám – do ceny se počítá materiál a jeho zpracování.

Řídítka – do ceny se počítá materiál, jeho zpracování a gripy.

Kolo – do ceny se počítá materiál, jeho zpracování guma která je osazená na kole a ložiska.

Brzda – do ceny se počítá materiál, jeho zpracování, podložka a šroubky.

Nákladní plošina – do ceny se počítá materiál a jeho zpracování.

Vidlice – do ceny se počítá materiál a jeho zpracování.

Ostatní – v této kategorii jsou všechny spojovací komponenty jako šrouby, matice a podložky.

Celková cena za všechny komponenty činí 9500 Kč. Podle zadání byla maximální doporučená cena 10 000 Kč. Z toho plyne, že celková částka nepřesáhne maximální doporučenou cenu a zcela vyhovuje zadání.



## 6 Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo navrhnout a vymodelovat dílenskou koloběžku s nákladní plošinou pro snadnou a rychlou dopravu. Jako první jsem stručně popsal jednotlivé typy koloběžek od dětských až po dospělé speciální – elektrokoloběžky.

V další části se zabývám konstrukčním řešením dílenské koloběžky. Řízení koloběžky je realizováno pomocí dvou táhel, které jsou spojeny k předním kolům. V zadní části koloběžky je namontována nožní brzda. Brzda je vyrobena ze speciální pružinové oceli, takže nepotřebuje žádné pomocné prvky, aby se při stlačení vrátila do původní polohy. V přední části koloběžky je namontována nákladní plošina, která má rozměr 690 x 585 mm. Na nákladní plošinu je nasazeno zábradlí, které chrání materiál proti vypadnutí.

V poslední části je zpracovaná tabulka dílčích komponentů a jejich nákupní cena. Každá komponenta je popsána, co se do ceny započítávalo. Výsledná cena dílenské koloběžky je 9500 Kč.

Byl vytvořen výkres sestavy dílenské koloběžky a podsestavy rámu.

Zadání a všechny cíle práce byly splněny.

## 7 Seznam literatury a dalších zdrojů

[1] LEINVEBER, Jan a Pavel VÁVRA. *Strojnické tabulky: pomocná učebnice pro školy technického zaměření*. 4. dopl. vyd. Úvaly: Albra, 2008, xiv, 914 s. ISBN 978-80-7361-051-7.

[2] KALÁB, Květoslav. *Části a mechanismy strojů pro bakaláře*. 1. vyd. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2008, 128 s. ISBN 978-80-248-1860-3.

[3] KALÁB, Květoslav. *Části a mechanismy strojů pro bakaláře*. 1. vyd. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2007, 90 s. ISBN 978-80-248-1290-8.

[4] FUXA, Jan a Ludmila ADÁMKOVÁ. *Sbírka příkladů z pružnosti a pevnosti II. 2 část*. 1. vyd. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2008, 140 s. ISBN 978-80-248-1933-4.

[5] Katalog SKF, *Kuličková ložiska* [online]. [cit. 2016-04-05]. Dostupné z: [http://www.exvalos.cz/soubory/File/Hlavni\\_katalog\\_SKF/6000\\_CS\\_01\\_Kulickova%20loziska.pdf](http://www.exvalos.cz/soubory/File/Hlavni_katalog_SKF/6000_CS_01_Kulickova%20loziska.pdf)

[6] Koloběžka WORKER Tri 100. *Insportline* [online]. [cit. 2016-02-13]. Dostupné z: <https://www.insportline.cz/6786/kolobezka-worker-tri-100>

[7] Koloběžka Mibo Crazy. *Mibo* [online]. [cit. 2016-02-13]. Dostupné z: <http://www.mibo.cz/kolobezky-mibo/kolobezky/crazy-16-16/kolobezka-mibo-crazy>

[8] Koloběžka Crussis Cross 5.1. *Insportline* [online]. [cit. 2016-02-13]. Dostupné z: <https://www.insportline.cz/15376/kolobezka-crussis-cross-51>

[9] Skládací koloběžka Authentic NoRules 205. *Insportline* [online]. [cit. 2016-04-28]. Dostupné z: <https://www.insportline.cz/6786/kolobezka-worker-tri-100>

[10] Freestylová koloběžka Spartan Stunt Professional. *Insportline* [online]. [cit. 2016-02-13]. <https://www.insportline.cz/6169/freestylova-kolobezka-spartan-stunt-professional>

[11] Elektrokoloběžka Country 1000. *Webareal* [online]. [cit. 2016-02-13]. Dostupné z: <http://www.webareal.cz/elektrokolaostrava/Country-1000-d1249.htm>

[12] Jakosti ocelí. *Feroma - Hutní a spojovací materiál* [online]. [cit. 2016-03-11]. Dostupné z: [http://www.feromat.cz/jakosti\\_oceli](http://www.feromat.cz/jakosti_oceli)

[13] Technická příručka: Nelegovaná konstrukční ocel jakostní podle EN 10025. *xvator* [online]. [cit. 2016-04-15]. Dostupné z: <http://xvator.com/documents/S355%20European%20Standard%20Steel.pdf>

[14] R. HALAMA, L. ADÁMKOVÁ, F. FOJTÍK, K. FRYDRÝŠEK, M. ŠOFÉR, J. ROJÍČEK, M. FUSEK. *Pružnost a pevnost - Matematika pro inženýry 21. století* [online]. [cit. 2016-04-23]. Dostupné z: [http://mi21.vsb.cz/sites/mi21.vsb.cz/files/unit/pruznost\\_a\\_pevnost.pdf](http://mi21.vsb.cz/sites/mi21.vsb.cz/files/unit/pruznost_a_pevnost.pdf)

[15] Bezešvé trubky hladké. *Prodej a dělení hutních materiálů* [online]. [cit. 2016-04-20]. Dostupné z: <http://www.kondor.cz/trubky-bezesve-hladke/c-1592/>

## **Seznam příloh**

- Příloha A      Výkres sestavy dílenské koloběžky
- Příloha B      Výkres podsestavy rámu dílenské koloběžky
- Příloha C      CD s bakalářskou prací